


Method and device for manufacturing three-dimensional objects by polymerisation of a resin

Patent Number: FR2678206
Publication date: 1992-12-31
Inventor(s): CLAUDE ANDRE JEAN; YVES BRULLE; SERGE CORBEL; FRANCOIS NONNENMACHER; PHILIPPE SCHAEFFER
Applicant(s):: ELECTRICITE DE FRANCE (FR)
Requested Patent: ☐ [FR2678206](#)
Application Number: FR19910007983 19910627
Priority Number (s): FR19910007983 19910627
IPC Classification: B29C35/08 ; B44B1/02
EC Classification: [B29C67/00L](#)
Equivalents:

Abstract

The device, which comprises a tank (vessel) (10), a memory (20), a processing unit (30), a radiation generator (40), an optical focusing system (50), an optical deflector (60), is also equipped with an actuator (70) so as to make it possible for a continuous and progressive build up of the object by irradiated contiguous zones which are solidified and held immersed in the liquid resin and given a helicoidal

movement. Application to the building up of industrial or decorative objects. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : 2 678 206

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : 91 07983

(51) Int Cl⁸ : B 29 C 35/08; B 44 B 1/02

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 27.06.91.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 31.12.92 Bulletin 92/53.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : *ELECTRICITE DE FRANCE - Service
National — FR.*

(72) Inventeur(s) : André Jean Claude, Brulle Yves, Corbel
Serge, Nonnenmacher François et Schaeffer Philippe.

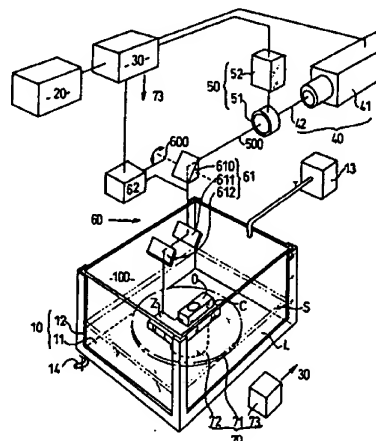
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Cabinet Lavoix.

(54) Procédé et dispositif de fabrication d'objets tridimensionnels par polymérisation d'une résine.

(57) Le dispositif qui comprend une cuve (10), une mémoire (20), une unité de traitement (30), un générateur de rayonnement (40), un système optique de focalisation (50), un déviateur optique (60), est aussi équipé d'un actionneur (70) afin de permettre une confection continue et progressive de l'objet par zones contiguës irradiées solidifiées et maintenues immergées dans la résine liquide et animées d'un déplacement hélicoïdal.

Application à la confection d'objets industriels ou décoratifs.



FR 2 678 206 - A1



La présente invention concerne la fabrication d'objets tridimensionnels par polymérisation d'une résine et, plus particulièrement, est relative à une technique de confection automatique d'un objet tridimensionnel à partir des données qui définissent son contour et qui sont utilisées pour piloter automatiquement un faisceau de rayonnement irradiant une résine liquide afin d'en produire une solidification locale par polymérisation.

Il a déjà été proposé de fabriquer un objet tridimensionnel à partir d'une résine liquide polymérisable dont la polymérisation locale est déclenchée par un faisceau de rayonnement dont la position au sein de la masse liquide est automatiquement pilotée à partir de données qui définissent le contour de l'objet à confectionner et dont l'obtention résulte soit de relevés photogrammétriques ou télémétriques, soit automatiquement de la mise en oeuvre de la technique de conception assistée par ordinateur (CAO).

Un état de la technique est, par exemple, illustré par le document FR 89-15 031 qui procède selon des courbes de niveau. L'objet est fabriqué par stratification de couches d'épaisseur pratiquement constante dont la surface supérieure libre est insolée suivant une configuration qui correspond à une courbe de niveau qui est la trace plane de l'intersection de l'objet tridimensionnel par un plan. L'insolation est obtenue à l'aide d'un faisceau de rayonnement dont la position est pilotée automatiquement dans le plan de la surface libre à l'aide de données représentatives de l'objet tridimensionnel à obtenir. Après chaque insolation, la couche d'épaisseur pratiquement constante doit être renouvelée et l'opération est répétée,

couche après couche.

Si une telle technique est séduisante, elle n'est pas toutefois sans présenter d'inconvénients. En effet, puisqu'après chaque insolation, il est nécessaire de renouveler la couche de liquide qui sera par la suite exposée, on conçoit qu'une durée importante est nécessaire pour la formation de cette couche puis ensuite pour sa stabilisation. Les problèmes liés au renouvellement de la couche en vue de son établissement et de sa stabilisation sont importants lorsqu'on sait que les résines habituellement utilisées sont relativement visqueuses. Dans de telles conditions, la durée d'établissement d'une nouvelle couche qui est à insoler, est approximativement du même ordre de grandeur que la durée nécessaire à l'exposition proprement dite pour induire la polymérisation suivant le contour de la courbe de niveau intéressée.

On voit donc que cette production discontinue, par strates successives de l'objet à confectionner fait perdre une grande partie de l'intérêt pratique de cette technique, en particulier si les différentes strates sont relativement minces pour accroître la qualité, la précision de l'objet obtenu. Il y a lieu d'ajouter à ce défaut lié à la lenteur de la production, les difficultés qui résultent des déformations parasites que prend chaque strate de par sa distorsion spontanée, lorsqu'elle est relativement fine, sous l'effet de la gravité et de par son rétreint naturel qui induit des tensions internes importantes nuisant non seulement à la qualité de la surface du contour mais aussi à sa stabilité dimensionnelle du fait des relaxations qui peuvent s'y produire.

Les objets que l'on peut produire par une telle technique peuvent être des objets industriels ou

des objets décoratifs. Lorsqu'il s'agit d'objets industriels tels que ceux de maquettes servant par exemple à des essais aérodynamiques ou photoélastiques, ces objets ont habituellement un contour intérieur et un contour extérieur précis. Lorsqu'il s'agit d'objets à usage décoratif tels que par exemple de statuettes de monuments ou de personnages, seule la surface extérieure compte alors que la surface intérieure n'a que peu d'importance, et l'obtention de l'objet peut s'apparenter alors au coulage d'un objet en bronze suivant la technique dite à cire perdue.

Le but de l'invention est de remédier à la plupart des inconvénients brièvement rappelés, à l'aide d'une technique où l'on ne procède plus d'une manière discontinue par strates successives mais, bien au contraire, d'une manière continue qui permet de s'affranchir du temps perdu ou mort résultant de l'établissement d'une couche liquide stable à irradier.

L'invention a pour objets un procédé et un dispositif pour la fabrication d'un article tridimensionnel par solidification de zones contiguës successives d'une couche superficielle d'épaisseur donnée d'une résine liquide polymérisable.

L'invention a pour objet un procédé pour la fabrication d'un objet tridimensionnel par polymérisation de zones contiguës successives d'une couche superficielle d'épaisseur donnée d'une résine liquide polymérisable qui comprend des étapes selon lesquelles on stocke des données représentatives du contour de l'objet, on émet un faisceau de rayonnement apte à produire la solidification par polymérisation de la résine liquide, on dirige ce faisceau de rayonnement vers la résine liquide de manière à le focaliser sur une zone de volume restreint d'une couche superficielle d'épaisseur donnée de manière à irradier cette

zone afin d'en obtenir la solidification par polymérisation, on déplace ce faisceau en fonction des données stockées représentatives du contour de l'objet de manière à irradier des zones contiguës successives afin de produire progressivement cet objet; ce procédé est remarquable en ce qu'il comprend aussi une étape selon laquelle on fait mouvoir en continu les zones contiguës irradiées et solidifiées successivement de manière à ce que celles restent immergées dans la résine liquide au fur et à mesure de leur solidification. De préférence, pour faire se mouvoir en continu les zones en question, on les fait tourner et descendre notamment selon un mouvement hélicoïdal.

L'invention a pour objet un dispositif pour la fabrication d'un objet tridimensionnel par polymérisation de zones contiguës successives d'une couche superficielle d'épaisseur donnée d'une résine liquide polymérisable à l'aide de l'irradiation par un rayonnement, qui est équipé entre autre, d'une cuve avec un fond et des parois latérales qui est reliée à une alimentation en résine liquide de manière que celle-ci puisse y former une couche superficielle d'épaisseur donnée, d'une mémoire destinée à stocker des données représentatives du contour de l'objet à produire, d'une unité de traitement reliée à cette mémoire pour émettre des signaux fonctions de ces données, d'un générateur de rayonnement avec une source pour produire un faisceau apte à engendrer une polymérisation de la résine liquide qu'il irradie, d'un système optique de focalisation avec un axe optique et avec un objectif et un mécanisme de mise au point relié à cette unité de traitement pour en recevoir des signaux afin de maintenir la mise au point de ce faisceau sur cette couche superficielle dans une zone à polymériser quelle que soit la position de

cette zone par rapport à l'axe optique, d'un déviateur optique avec au moins un réflecteur mobile pour recueillir ce faisceau et le diriger vers cette couche superficielle et avec des moyens de commande reliés à
5 cette unité de traitement pour en recevoir des signaux afin de déplacer la zone irradiée dans cette couche superficielle; ce dispositif est caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, un actionneur avec un support mobile placé au-dessus du fond de cette cuve et
10 destiné à recevoir cet objet au fur et à mesure de sa production par irradiation et solidification des zones contiguës successives de cette couche superficielle, une liaison entre ce fond et ce support de manière à mouvoir ce dernier afin que ces zones irradiées et
15 solidifiées demeurent immergées dans la résine liquide, et un récepteur relié à cette unité de traitement pour en recevoir des signaux de manière à maintenir constante l'épaisseur donnée de cette couche superficielle
20 quelles que soient les positions propres des zones et du support.

D'autres caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description et des revendications qui suivent ainsi qu'à l'examen des
dessins donnés seulement à titre d'exemple où :

25 - la Figure 1 est une vue perspective schématique d'un mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention;

- la Figure 2 est une vue analogue partielle d'un autre mode de réalisation du dispositif
30 selon l'invention;

- la Figure 3 est une vue partielle de détail d'une variante d'exécution d'un déviateur optique du dispositif suivant l'invention;

35 - la Figure 4 est une vue de détail partielle d'une autre variante d'un déviateur optique

d'un dispositif selon l'invention;

- la Figure 5 est une vue de détail schématique d'une autre variante du déviateur optique du dispositif selon l'invention; et

5 - la Figure 6 est un schéma illustrant un type de difficulté rencontré pour la mise en oeuvre de la technique selon l'invention.

10 Les processus de fabrication d'un objet tridimensionnel par polymérisation locale d'une résine liquide à l'aide d'un faisceau de rayonnement dont la position au sein de la résine liquide est pilotée automatiquement à partir de données représentatives du contour de l'objet à obtenir, sont bien connus dans la technique. C'est pourquoi, on ne décrira dans ce qui

15 suit que ce qui concerne directement ou indirectement l'invention. Pour le surplus, le spécialiste de la technique considérée puisera dans les solutions classiques courantes à sa disposition pour faire face aux problèmes particuliers auxquels il est confronté.

20 Dans ce qui suit, on utilise toujours un même numéro de référence pour identifier un élément homologue quel que soit le mode de réalisation ou sa variante d'exécution.

25 Pour la commodité de l'exposé, on décrira successivement chacun des constituants d'un dispositif selon l'invention avant d'en expliquer le fonctionnement notamment pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

30 L'invention vise à la production d'un objet O ayant au moins un contour extérieur C dont chaque point est défini par des données D, par exemple ses coordonnées cartésiennes ou cylindriques. Ces données sont obtenues à l'aide de liasses de plans représentatifs de l'objet à confectionner ou bien directement si

35 l'objet à confectionner a été mis au point à l'aide

d'une conception assistée par ordinateur (CAO). Ces données ont pu aussi être recueillies à partir d'un objet préalablement fabriqué ou de sa maquette, à l'aide de relevés télémétriques ou photogrammétriques. Ces techniques sont relativement classiques et n'entrent pas directement dans le champ de l'invention. Ce qui est important à retenir c'est que chaque point du contour de l'objet est défini à partir de données représentatives qui peuvent être stockées dans une mémoire.

Le dispositif selon l'invention comprend, essentiellement, une cuve 10, une mémoire 20, une unité de traitement 30, un générateur de rayonnement 40, un système optique de focalisation 50, un déviateur optique 60 et un actionneur 70.

La cuve 10, par exemple parallélépipédique, est délimitée par un fond 11 et des parois latérales 12; on obtient ainsi une enceinte 100 dans laquelle débouchent une alimentation 13 et une vidange 14.

Cette enceinte est destinée à contenir une résine liquide, polymérisable par irradiation locale sur laquelle on reviendra par la suite. Pour la commodité de l'illustration, cette cuve est supposée transparente.

La mémoire 20 est de tout type approprié connu. Cette mémoire est destinée à stocker et à restituer les données D représentatives du contour de l'objet à produire.

Une unité de traitement 30 de tout type approprié, tel que par exemple un micro-calculateur programmable ou analogue, est reliée à la mémoire 20 de manière à exploiter les données qui y sont stockées. Cette unité de traitement est destinée à engendrer des signaux Σ qui sont fonction des données D, comme on le comprendra par la suite.

Le générateur de rayonnement 40 comprend une source 41 apte à émettre un faisceau 42. De préférence, on utilise une source de rayonnement laser dont la puissance et la longueur d'onde d'émission sont appropriées à la nature de la résine liquide polymérisable employée. Au lieu d'utiliser une source de rayonnement laser, on peut aussi utiliser une source de rayonnement X ou une source de rayonnement γ .

Le système optique de focalisation 50, d'axe 500, comprend un objectif 51 et un mécanisme de mise au point 52. Ce mécanisme de mise au point 52 est destiné à maintenir la focalisation du faisceau de rayonnement 42 sur la couche superficielle S de la résine polymère liquide L, quelle que soit la position de la zone Z irradiée par rapport à l'axe optique 500, pour les raisons que l'on comprendra par la suite. Comme on peut l'observer, ce mécanisme de mise au point 52 est relié à l'unité de traitement 30 pour en recevoir des signaux Σ , comme on le comprendra par la suite.

Le déviateur optique 60 comprend, essentiellement, au moins un réflecteur 61 mobile et des moyens de commande 62 reliés à l'unité de traitement 30 pour en recevoir des signaux Σ . Ce déviateur optique 60 recueille le faisceau de rayonnement 42 et le dirige vers la couche superficielle S de la résine liquide L afin de déplacer la zone irradiée Z dans cette couche, en fonction des signaux Σ reçus par les moyens de commande 62. Comme on peut l'observer, le réflecteur 61 comprend par exemple trois miroirs, prismes ou analogues 610, 611, 612 disposés comme illustré schématiquement sur les figures. Comme on le voit, l'un au moins de ces miroirs est mobile en rotation selon un axe 600 perpendiculaire à l'axe optique 500. De même, ce réflecteur est mobile, au moins par-

tiellement, selon une rotation dont l'axe est confondu avec l'axe optique 500. Les raisons pour lesquelles le réflecteur est doté de l'un au moins de ces degrés de liberté apparaîtront par la suite.

5 L'actionneur 70 comprend un support 71 tel un plateau ou analogue, une liaison 72 et un récepteur 73. Le support 71 est placé au-dessus du fond 11 de la cuve 10 et est monté mobile relativement à ce fond. Ce support 71 est destiné à recevoir l'objet 0 à fabriquer au fur et à mesure de sa production par irradiation et solidification continue de zones Z contiguës successives de la couche superficielle S de la résine liquide L. La liaison 72, interposée entre le fond 11 et le support 71, permet de mouvoir ce dernier afin que les zones Z irradiées et solidifiées du liquide polymérisable L demeurent immergées dans la résine liquide. Un récepteur 73, relié à l'unité de traitement 30 pour en recevoir des signaux Σ , agit sur la liaison 72 de manière à maintenir constante l'épaisseur donnée à la couche superficielle S, quelles que soient les positions propres des zones Z et du support 71.

Le dispositif selon l'invention ayant été brièvement et schématiquement décrit et illustré, on en expliquera le fonctionnement. On rappellera simplement que sa construction fait appel à des techniques classiques courantes qui, pour cela, ne sont pas exposées.

On suppose à l'origine que la cuve a été emplie d'une résine liquide L polymérisable appropriée et que le support 71 destiné à recueillir l'objet 0 à fabriquer au fur et à mesure de sa confection, est proche du dioptre délimité par la surface libre de la résine. Ce support 71 est immergé dans la résine liquide L et placé en-dessous du dioptre, à une distance

déterminée de celui-ci de manière à ménager une couche superficielle S initiale d'épaisseur donnée, déterminée par l'intervalle entre ce dioptré et ce support.

On met en marche le dispositif. La source
5 de rayonnement 41, le mécanisme de mise au point 52, les moyens de commande 62 et le récepteur 73 reçoivent des signaux Σ de l'unité de traitement 30. Ces signaux sont tels que le faisceau de rayonnement 42 se trouve focalisé en permanence dans la couche superficielle S
10 de manière à irradier une zone Z de celle-ci dont la position dans cette couche évolue, afin de définir progressivement le contour C de l'objet O à confectonner. Le déplacement de la zone irradiée dans le plan de la couche superficielle résulte de l'action
15 des moyens de commande sur le réflecteur. Il y a lieu de noter que la mise au point dans cette couche superficielle est maintenue quelle que soit la position de la zone Z irradiée par rapport à l'axe optique 500.

A partir de la zone ainsi initialement
20 irradiée, on irradie une zone contiguë, qui la touche, pour définir un autre élément du contour, et ainsi de proche en proche. Au fur et à mesure que des zones sont ainsi irradiées et solidifiées, on maintient l'épaisseur de la couche constante en modifiant pro-
25 gressivement la position du support par rapport au fond de la cuve, au fur et à mesure qu'il recueille et soutient l'objet à produire, fabriqué ainsi progressivement de manière continue.

On comprend donc que l'on obtient ainsi, de
30 proche en proche l'objet, d'une manière totalement continue.

Dans le mode de réalisation illustré schématiquement sur la Figure 1, le support 71 est animé seulement d'un mouvement de translation parallèlement
35 à l'axe optique 500, alors que le déviateur 60 est

animé d'un double déplacement, selon une rotation d'axe 600 perpendiculaire à l'axe optique 500 et selon une rotation qui a pour axe cet axe optique 500. La position de la zone irradiée dans la couche superficielle est donc ici localisée par rapport à un système de coordonnées polaires. Au fur et à mesure de sa production, l'objet en formation s'enfonce progressivement dans la résine liquide si bien que le contour est défini selon un système de coordonnées cylindriques.

Dans le mode de réalisation illustré seulement en partie sur la Figure 2, on voit que le support 71 est animé à la fois d'un mouvement de rotation et d'un mouvement de translation d'axe 500. Pour ce faire on utilise une liaison du type vis/écrou par exemple. Le mouvement de rotation du support 71 est asservi au mouvement de rotation du déviateur optique 60 selon l'axe optique 500. Dans le mode de réalisation de la Figure 2, il est possible de faire tourner les parties mobiles à vitesse constante.

La Figure 3 illustre une autre variante du réflecteur 61 qui comprend un miroir en tronc de cône.

Sur la Figure 4, on a représenté une vue partielle de détail sur laquelle l'un des miroirs du réflecteur 61 est un miroir galvanométrique dont l'axe de rotation est orthogonal à l'axe de déplacement du support 71 mobile en translation et en rotation.

Pour le mode de réalisation illustré sur la Figure 5, on utilise un modulateur acousto-optique 63 pour piloter la position de la zone irradiée. Dans un tel cas, il est possible de calculer le miroir du réflecteur pour que la focalisation du faisceau de rayonnement se fasse toujours dans la couche superficielle de la résine à polymériser.

Sur la Figure 6, on a illustré la trace par

un plan,, d'un contour d'un objet à fabriquer particulièrement compliqué puisqu'il est constitué par trois courbes 1, 2, 3 fermées en lobe. Dans une telle situation, il est nécessaire de faire décrire trois rotations au support tout en conservant son altitude relativement constante. Pour obtenir une telle configuration, deux voies sont possibles. Soit on fait tourner la pièce si la précision à obtenir l'autorise, soit au contraire, on fait tourner le support en sens opposé de manière à décrire successivement chacune des trois courbes.

Pour mettre en oeuvre l'invention, on utilise de préférence une résine liquide monomère comme indiqué par la suite.

A tous ces dispositifs peuvent être associés une alimentation 13 et une vidange 14 de la cuve. Si une pièce fermée est obtenue après élimination de la résine en excès, il est possible de réaliser une post-polymérisation à l'aide de techniques thermiques, photochimiques ou radiochimiques, comme il est classique.

Les résines liquides monomères qui peuvent être utilisées avec le dispositif selon l'invention peuvent être classées en deux catégories principales : les monomères unifonctionnels et les monomères polyfonctionnels. Les monomères unifonctionnels se polymérisent par réaction en chaîne sous l'effet du rayonnement, tandis que les monomères polyfonctionnels se polymérisent par réactions avec branchement ou par réticulation. Avec un monomère polyfonctionnel, plus l'intensité du rayonnement est importante, plus la dureté du matériau solidifié est grande. Toutefois, pour des monomères polyfonctionnels formés de molécules de petite taille, la présence d'un flux de rayonnement excitateur puissant entraîne la formation en

grande quantité, de radicaux libres ou d'autres espèces réactives qui disparaissent ensuite au moins partiellement par recombinaison radicalaire; il en résulte la formation de substances de petites masses où se manifeste des tensions internes susceptibles de rendre fragile l'objet.

Pour pouvoir exposer des liquides monomères à des flux excitateurs importants, il est possible de choisir soit des monomères polyfonctionnels constitués de molécules de plus grande taille, soit des mélanges de monomères unifonctionnels et polyfonctionnels.

D'une manière générale, les substances solidifiées obtenues par réticulation à partir de monomères polyfonctionnels sont insolubles dans les liquides monomères, ce qui n'est pas toujours le cas pour les substances polymérisées à partir de monomères unifonctionnels.

Un liquide photopolymérisable est toujours constitué de deux systèmes : le système "amorceur" et le système "résine", chacun d'entre eux pouvant être constitué d'un ou de plusieurs types de molécules.

Le système amorceur peut être constitué très simplement d'un seul type de molécule qui, après absorption d'un photon excitateur se décomposera directement par scission homolytique en espèces amorçantes : radicaux libres en cas de polymérisation radicalaire, acides forts en cas de polymérisation cationique.

Ces amorceurs sont des acétophénones substituées (haloacétophénones, alcoxyacétophénones), des benzoïnes et éthers de benzoïnes, des dérivés de benzoyle oxine, des phosphènes oxydes, des cétones aromatiques contenant une liaison carbone-soufre (sulfures, sulfoxydes, sulfones) des composés azoïques ou des amino-cétones substituées dans le cas de la polymérisation.

sation radicalaire et des sels de diazonium, de dialkyl-4-hydroxyaryl-sulfonium ou de dialkylphénacyl-sulfonium dans le cas de polymérisation cationique.

Le système amorceur peut aussi contenir un agent de transfert d'électrons ou d'hydrogène pour le cas où l'amorceur seul ne permet pas la formation de l'espèce amorçante. Les amorceurs alors utilisés sont des diarylcétones (dérivés de la benzophénone, de la fluorénone, de l'anthrone, de la xanthone, de l'acridone ou de la thioxanthone), des dérivés de benzile (ou diphényléthanedione) ou des céto-coumarines dans le cas de la polymérisation radicalaire et des sels de diaryliodonium, de triarylsulfonium, de triarylsélenium ou de ferrocénium dans le cas de la polymérisation cationique. Les donneurs d'hydrogène les plus réactifs sont ceux portant l'atome d'hydrogène en α d'un oxygène (les éthers aliphatiques) ou d'un azote (les amines aliphatiques et plus particulièrement les amines tertiaires) ou directement attaché à un soufre (thiols ou thioéthers). Les alcools et les hydrocarbures aliphatiques, bien que moins réactifs, peuvent aussi jouer ce rôle. Les amines tertiaires constituent les meilleurs donneurs d'électrons.

Le système amorceur peut contenir un photosensibilisateur au cas où les spectres d'absorption de l'amorceur ne coïncide pas avec la longueur d'onde de la source de rayonnement, ou pour accélérer la vitesse de polymérisation.

La photosensibilisation d'amorceurs radicalaires se fait par transfert d'énergie avec des dérivés de la thioxanthone (isopropylthioxanthone par exemple) ou par transfert d'électrons. La photosensibilisation d'amorceurs cationiques se fait essentiellement par transfert d'électrons, soit directement avec des molécules de types arènes (anthracène, péry-

lène par exemple) ou la phénothiazine, soit indirectement après transfert d'hydrogène avec des dérivés du type cétones aromatiques (thioxanthone, acétophénone, benzophénone).

5 Le système résine peut être constitué soit d'un seul type de monomère soit d'un mélange de monomères mono, di, tri ou même tétrafonctionnels. Le choix est dicté par les caractéristiques désirées du liquide avant polymérisation (viscosité, tension de
10 vapeur, ...), de la substance après polymérisation (insolubilité dans le liquide de départ, état physique solide) et de la réaction de polymérisation (cinétique, retrait ou différence relative entre les densités du matériau avant et après polymérisation). Le choix
15 résulte généralement d'un compromis entre les avantages et les inconvénients.

Dans le cas de polymérisation radicalaire, on utilise généralement des résines acrylates, polyesters insaturés, thiols-ènes ou uréthanes. Dans le cas
20 de polymérisation cationique on utilise généralement des résines époxy (cycloaliphatiques, de diglycidyléthers aromatiques ou aliphatiques), de divinyléthers, de spiroorthoester ou de spiroorthocarbonate.

Il est aussi possible d'utiliser un système
25 mixte constitué de monomères polymérisants par voie cationique et par voie radicalaire. Les deux types de systèmes amorceurs doivent alors être présents. Il peut être utile aussi, dans certains cas, d'ajouter au liquide monomère un additif luminescent, par exemple
30 pour effectuer certaines mesures optiques sur l'objet.

Pour fabriquer un figurine ou statuette dont seul le contour extérieur de la surface a de l'importance, on a utilisé comme résine un acrylate bi-fonctionnel. Cette substance, à la température ambiante d'environ 20°, a une viscosité de 1000 cps
35

(1 Pa-s). Pour irradier cette résine, on utilise un générateur laser de 20 mW qui émet dans la bande des UV à une longueur d'ondes de 325 nm. Pour fabriquer cet objet, on déplace le faisceau à environ 10 cm/s dans le plan de la couche superficielle et le plateau est animé d'une vitesse linéaire de 100 cm/h environ.

On comprend tout l'intérêt de l'invention, en particulier pour obtenir des objets dont seule la surface extérieure est importante puisqu'on peut le confectionner suivant la technique selon l'invention en un seul passage.

Le fait que l'on opère en continu, en procédant selon un hélicoïde, permet de voir qu'il n'est pas nécessaire d'obtenir des couches successives et que l'on évite ainsi tous les inconvénients liés à l'établissement d'une telle couche et aussi tous les inconvénients résultant de la perte de précision de l'objet fabriqué et qui sont liés aux contractions qui peuvent être comprises entre 5 et 15% environ, suivant que la résine est relativement visqueuse ou au contraire relativement fluide, respectivement.

REVENDICATIONS

1 - Procédé de fabrication d'un objet tridimensionnel par polymérisation de zones contiguës successives d'une couche superficielle d'épaisseur donnée d'une résine liquide polymérisable selon lequel:

- on stocke des données représentatives du contour de l'objet;

- on émet un faisceau de rayonnement apte à produire la solidification par polymérisation de la résine liquide;

- on dirige ce faisceau de rayonnement vers la résine liquide de manière à l'y focaliser sur une zone de volume restreint d'une couche superficielle d'épaisseur donnée de manière à irradier cette zone afin d'en obtenir la solidification par polymérisation;

- on déplace ce faisceau en fonction des données stockées représentatives du contour de l'objet de manière à irradier des zones contiguës successives afin de produire progressivement cet objet, et caractérisé en ce que :

- on fait mouvoir en continu les zones contiguës irradiées et solidifiées successivement de manière à ce qu'elles restent immergées dans la résine liquide au fur et à mesure de leur solidification.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on fait tourner et descendre les zones irradiées et solidifiées selon un mouvement hélicoïdal.

3 - Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on fait tourner à vitesse constante les zones contiguës irradiées et solidifiées.

4 - Dispositif pour la fabrication d'un objet tridimensionnel par polymérisation de zones

contiguës successives d'une couche superficielle d'épaisseur donnée d'une résine liquide polymérisable à l'aide de l'irradiation par un rayonnement, équipé entre autres, d'une cuve (10) avec un fond (11) et des parois latérales (12) qui est reliée à une alimentation (12) en résine liquide (L) de manière que celle-ci puisse y former une couche superficielle (S) d'épaisseur donnée, d'une mémoire (20) destinée à stocker des données (D) représentatives du contour (C) de l'objet (O) à produire, d'une unité de traitement (30) reliée à cette mémoire (20) pour émettre des signaux (Σ) fonctions de ces données (D), d'un générateur de rayonnement (40) avec une source (41) pour produire un faisceau (42) apte à produire une polymérisation de la résine liquide qu'il irradie, d'un système optique de focalisation (50) d'axe optique (500) et avec un objectif (51) et un mécanisme de mise au point (52) relié à cette unité de traitement (30) pour en recevoir des signaux (Σ) afin de maintenir la mise au point de ce faisceau (42) sur cette couche superficielle (S) dans une zone (Z) à polymériser quelle que soit la position de cette zone (Z) par rapport à l'axe optique (500), d'un déviateur optique (60) avec au moins un réflecteur (61) mobile pour recueillir ce faisceau (42) et le diriger vers cette couche superficielle (S) et avec des moyens de commande (62) reliés à cette unité de traitement (30) pour en recevoir des signaux (Σ) afin de déplacer la zone (Z) irradiée dans cette couche superficielle (L), dispositif caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, un actionneur (70) avec un support (71) mobile placé au-dessus du fond (11) de cette cuve (10) et destiné à recevoir cet objet (10) au fur et à mesure de sa production par irradiation et solidification de zones (Z) contiguës successives de cette couche superficielle (L), une liaison

(72) entre ce fond (11) et ce support (71) de manière à mouvoir ce dernier afin que ces zones (Z) irradiées et solidifiées demeurent immergées dans la résine liquide (L), et un récepteur (73) relié à cette unité de traitement (30) pour en recevoir des signaux (Σ) de manière à maintenir constante l'épaisseur donnée de cette couche superficielle (S) quelles que soient les positions propres des zones (Z) et du support (71).

5 - Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que la liaison (72) fait se déplacer ce support (71) en translation parallèlement à l'axe optique (500) et en ce qu'au moins un des réflecteurs (61) est mobile au moins en rotation selon cet axe optique (500).

6 - Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la liaison (72) fait se déplacer ce support (71) à la fois en translation et en rotation relativement à l'axe optique (500).

7 - Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la liaison (72) est du type vis-écrou.

8 - Dispositif selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que les rotations du réflecteur (61) et du support (71) sont solidaires.

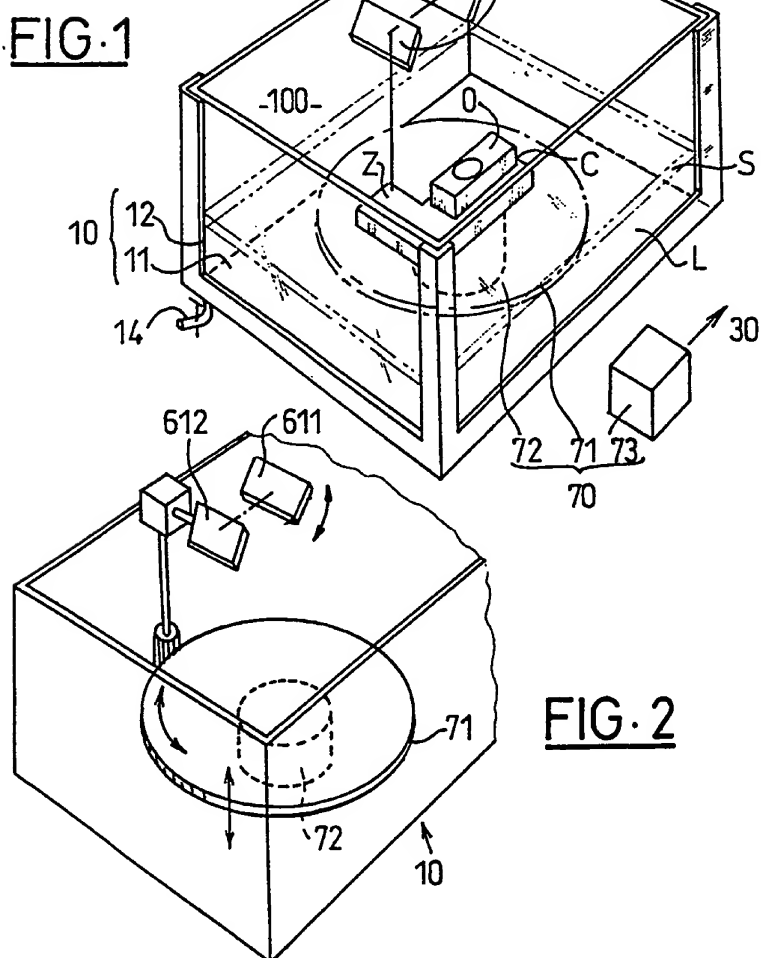
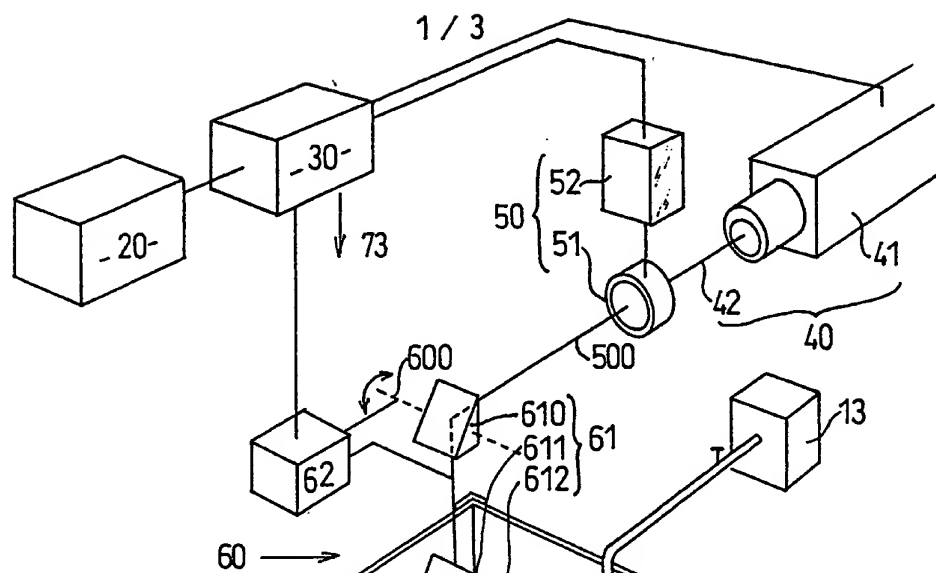
9 - Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les vitesses de rotation sont constantes et en ce que l'un au moins des réflecteurs (61) est aussi mobile en translation parallèlement à l'axe optique (500).

10 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, caractérisé en ce que l'un des réflecteurs (61) est un miroir conique fixe.

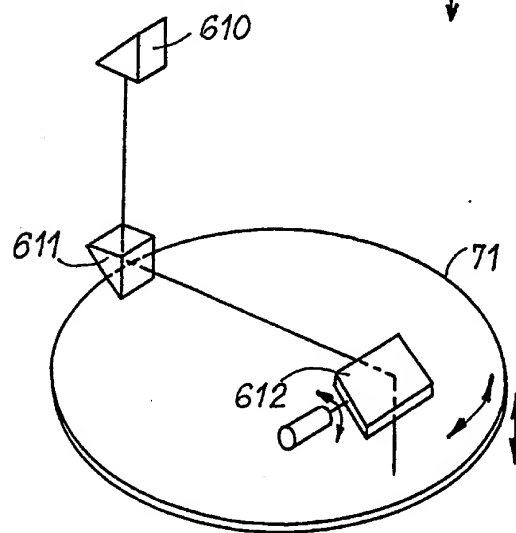
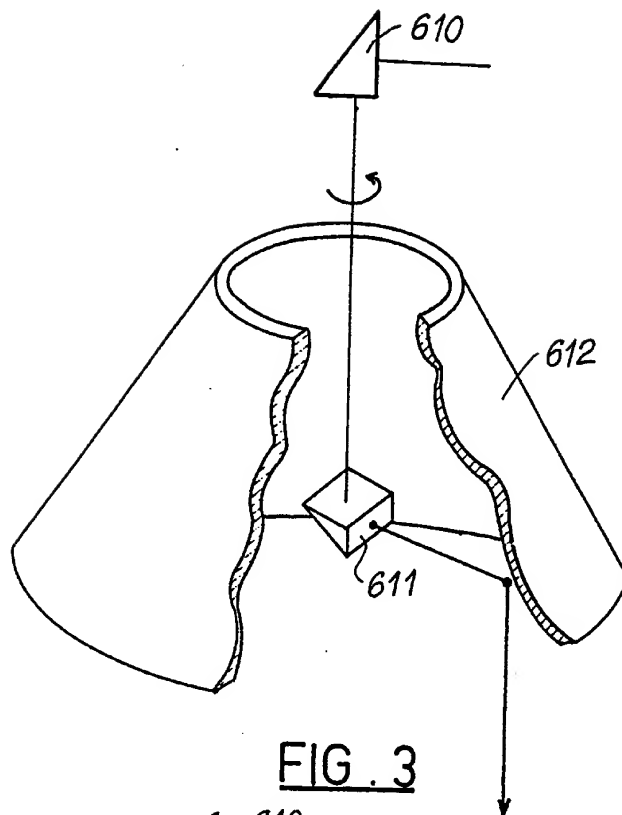
11 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, caractérisé en ce que l'un des réflecteurs (61) est un miroir galvanométrique soli-

daire du support (71).

12 - Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le déviateur optique (60) comprend un modulateur acousto-optique (63).



2 / 3



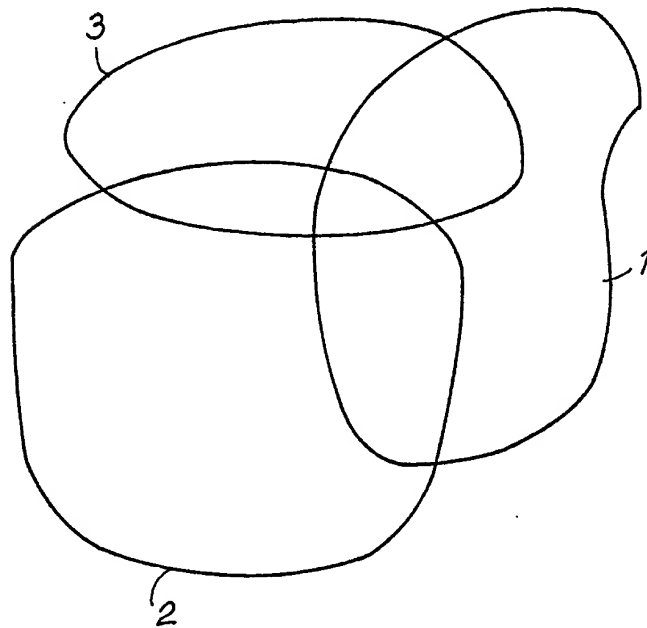
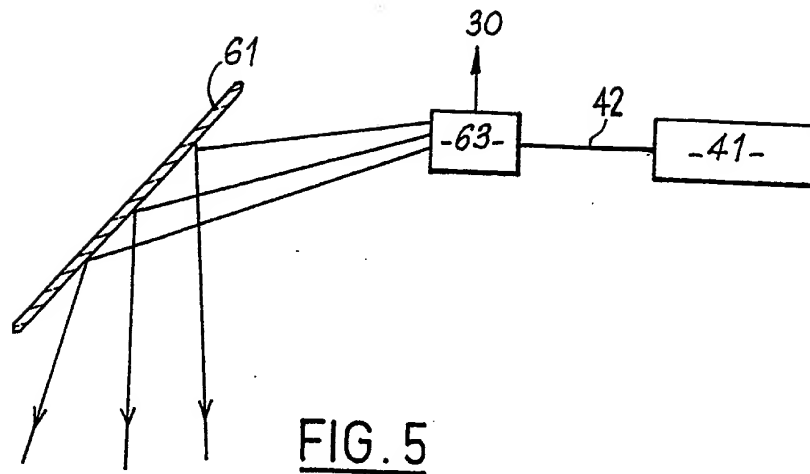


FIG. 6

REPUBLIQUE FRANÇAISE

2678206

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

RA 9107983
FA 461067

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | Revendications concernées de la demande examinée |
|--|---|---|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | |
| X | EP-A-0 416 124 (SONY CORPORATION) * colonne 6, ligne 47 - colonne 7, ligne 46; figure 5 * | 1, 4, 5, 10-12 |
| A | EP-A-0 414 215 (E.I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY) * revendication 1; figure 1 * | 1-12 |
| A | US-A-4 041 476 (SWAINSON) * colonne 8, ligne 41 - colonne 9, ligne 58; figure 1 * | 1-12 |
| | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5) |
| | | B29C |
| Date d'achèvement de la recherche 29 NOVEMBRE 1991 | | Examineur KIRSTEN K. R. M. |
| <p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p> | | |

1

EPO FORM 1503 OLZ (P0413)